

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10038579 A**

(43) Date of publication of application: **13.02.98**

(51) Int. Cl.

**G01C 19/56**  
**G01P 9/04**

(21) Application number: **08191076**

(22) Date of filing: **19.07.96**

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(72) Inventor: **ONO MASAOKI**  
**WAKATSUKI NOBORU**

(54) **PIEZOELECTRIC GYROSCOPE**

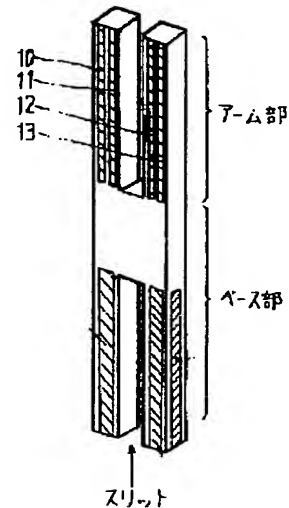
(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce unnecessary coupling and influence of support, by sufficiently prolonging the base part of a tuning fork type vibrator, forming a part wherein in-plane vibration scarcely exists, forming a slit in a base end part, and making only the vibration vertical to the surface easy to be symmetrically generated.

**SOLUTION:** The length of a base part of a tuning fork type vibrator is set longer than the length of an arm part, and a slit is arranged in the center of the bottom of a base. By forming the slit, vibration vertical to the surface becomes vertically horizontally symmetric, and X component is reduced. Large sliding stress is generated in the central part where the slit does not exist and in the slit part, so that Coriolis force can be detected. Driving electrodes 10-13 are arranged in an arm part wherein the in-plane driving mode which drives the tuning fork type vibrator and the vibration mode vertical to the surface generated by the Coriolis force exist. Since a detecting electrode can be arranged on a part wherein only the vibration vertical to the surface exists, unnecessary electrical-mechanical coupling

between the detecting electrode and the driving mode is reduced.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-38579

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月13日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 C 19/56

G 0 1 P 9/04

識別記号

庁内整理番号

9402-2F

F I

G 0 1 C 19/56

G 0 1 P 9/04

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-191076

(22) 出願日 平成 8 年(1996) 7 月19日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 小野 正明

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 若月 昇

宮城県石巻市中里2-12-10

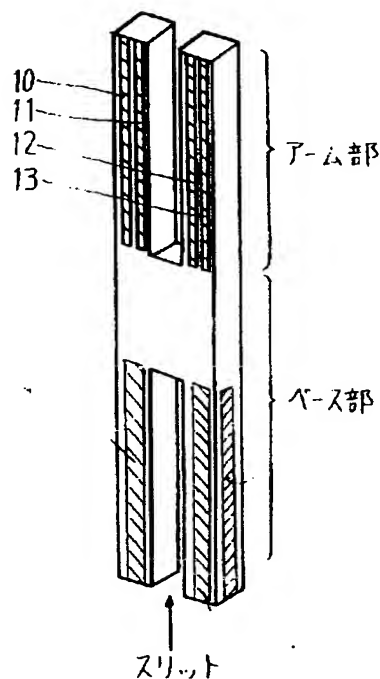
(74) 代理人 弁理士 井桁 貞一

(54) 【発明の名称】 圧電ジャイロ

(57) 【要約】

【課題】 不要な電気-機械結合が小さく、不要な機械的結合も小さく、支持による影響も少なく、感度も高く、作りやすい構成の圧電ジャイロを提供することを目的とし、

【解決課題】 ベース部と、そこから延びる2本のアームを持ち、該アームの面内振動モードを駆動振動とし、面垂直振動を検出振動とする圧電単結晶音さ形振動ジャイロであって、面内振動の振動変位が、該アームのある反対側の該ベース端部で無視できるように、該ベース部の長さを該アームの長さ以上に設定するとともに、該ベース部の底部中央にスリットを設け、該底部付近を面垂直振動によって振動させることを特徴とする圧電ジャイロ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ベース部と、そこから延びる 2 本のアームを持ち、該アームの面内振動モードを駆動振動とし、面垂直振動を検出振動とする圧電単結晶音さ形振動ジャイロであって、

面内振動の振動変位が、該アームのある反対側の該ベース端部で無視できるように、該ベース部の長さを該アームの長さ以上に設定するとともに、該ベース部の底部中央にスリットを設け、該底部付近を面垂直振動によって振動させることを特徴とする圧電ジャイロ。

【請求項 2】 前記面内振動を駆動する電極が、前記面垂直振動に対する応力または、電荷の総和がゼロとなる位置に形成され、面内振動に対する応力の総和の絶対値が最大となる電極寸法を有することを特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロ。

【請求項 3】 前記面垂直振動を検出する電極が、前記面内振動に対する応力または、電荷の総和がゼロとなる位置に形成され、面垂直振動に対する応力の総和の絶対値が最大となる電極寸法を有することを特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロ。

【請求項 4】 前記面垂直振動と面内振動に対する応力または電荷の総和がゼロとなる音さの前記ベース部に駆動および検出電極間の静電結合を低減するためのシールド電極を有すること特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロ。

【請求項 5】 前記面垂直振動と面内振動に対する応力がゼロとなる部分を支持して実装基板に実装すること特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロ。

【請求項 6】 前記アーム間の間隔と前記ベースのスリット幅が同一であることを特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロ。

【請求項 7】 前記ベース部の表面で面垂直振動の振動変位が、スリットの入っていない前記ベース部の中心に対し対称な位置を保持することを特徴とする請求項 1 ～ 6 記載の圧電ジャイロ。

【請求項 8】 前記面内振動を駆動する電極は前記 2 本のアーム部の前記スリットの中心線に対し対称に配置され、前記面垂直振動を検出する電極は前記ベース部に形成することを特徴とする請求項 1 記載の圧電ジャイロ。

【請求項 9】 前記スリット部を含めて前記ベース部の電極を多分割したことを特徴とする請求項 8 記載の圧電ジャイロ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 圧電ジャイロは、物体の運動を並進運動と切り離して、回転運動のみを検出できるセンサである。自動車のヨーレート検出用、カメラの手振れ検出用、移動体の位置検出用などに用いられ、小形化、高感度化、高安定化が強く求められている。

【0002】 本発明は、小形で堅牢な角速度センサーで

ある圧電振動ジャイロの設計、製造技術に関する。

## 【0003】

【従来の技術】 圧電振動ジャイロとして、音片形、音さ形、H 形などがある。振動ジャイロでは、直交した 2 つの振動モードを利用している。一方を駆動して、他方を検出モードとして利用することが多い。しかし、駆動電極と検出電極とが回転を与えられない条件でも、電気的、機械的に結合して漏れ出力を発生することが多く、ジャイロ特性の高感度化や高安定化の障害であった。

10 【0004】 圧電単結晶を用いた振動ジャイロは構造が単純で小形化が期待されるが、感度や安定度では問題があった。これまで報告されている圧電ジャイロの構成は金属棒や金属音さに圧電振動子が接着されたタイプが多い。しかし、安定度の点から圧電単結晶や圧電セラミックなどの圧電材料そのものに電極を形成して、ジャイロを構成する場合も多く、音片形振動子、音さ形振動子、H 形振動子が多く用いられている。

【0005】 代表的な音さ形圧電単結晶ジャイロの構成例を図 1 に示した。

20 【0006】

【発明が解決しようとしている課題】 図 1 に示される駆動電極 2 ～ 5 と検出電極 6 ～ 9 との間には、図 2 に示すような、4 種類の不要な結合がある。すなわち、

① 静電結合による漏れ

②  $f_x$  モード駆動用電極と  $f_z$  モード間の電気－機械的結合による漏れ信号

③  $f_x$  モードと  $f_z$  モード間の機械的結合による漏れ信号

30 ④  $f_z$  モード検出用電極と  $f_x$  モード間の電気－機械的結合による漏れ信号

これらの不要な結合の低減が圧電振動ジャイロの性能向上には重要である。

【0007】 図 3、図 4 は、図 1 において 1 で示される部分をタンタル酸リチウムを用いた音さ形振動子の長さ方向位置における面内振動及び面垂直振動、各モードの振動変位 (図 3、4 (a))、応力 (図 3、4

(b))、電荷 (図 3、4 (c)) について有限要素法で解析した結果を示す。図 3 は、音さ形圧電ジャイロの面内振動のについての解析結果で、振動変位や応力が、ベースの底部 (端部) すなわち  $LY = 0$  付近ではほとんどゼロであることがわかる。また、先端部の変位は、ほとんど面内 ( $X-Y$  面) である。

40 【0008】 通常、面内振動を駆動を行う場合、応力が発生する部分 (図 3 (b)  $LY = 5 \sim 14 \text{ mm}$ ) に電極 2 ～ 5 を形成する必要があるが、同時に、図 4 (b) に示す通り、面垂直振動に対しても応力の発生部分となり、面垂直振動への不要な結合が生じる。(前述の漏れ結合②に相当)

50 また図 4 は、面垂直振動に対する有限要素法解析結果であり、面垂直振動の場合には、振動変位も応力も底部付

近でゼロにはならない。さらに先端部 ( $LY = 14$ ) の変位は、面に垂直な成分 ( $Z-Y$  面) のみならず、 $X$  方向成分も含み、面内振動と機械的な結合が存在することを示しており、わずかに、すりこぎ運動をしている。

【0009】面垂直振動を検出する為には、面内振動を駆動する場合と同様、応力が発生する部分に電極 6~9 を配置する必要があるが、当該位置では、面内振動の応力も発生する部分となり、不要振動を励振させる。(前述の漏れ結合③に相当)

図 5 (a) に、タンタル酸リチウムを用いた音さ形振動子の駆動と検出電極側から見たインピーダンス特性を、図 5 (b) には駆動・検出電極間の伝達特性を示す。何れの場合にも不要な電気-機械結合による漏れ応答が見られる。

【0010】また、結晶の異方性や形状等によって、両モードの機械的結合 (前述の漏れ結合④) が発生し、図 6、図 7 に示すように、結晶方位や音さアーム間のギャップを変化させても大きな改善の様子は見られない。図 8 には、H 形振動子の例を示す。2 脚音さを上下に接続した構成であり、4 本のアームが対称に振動するもので、支持が容易で、動作が安定あることから、各種振動子として多用されてきた。(a) は駆動側が面内振動、検出側が面垂直振動するタイプ、(b) は駆動側が面垂直振動、検出側が面内振動するタイプである。

【0011】これらの、音さ形ジャイロや、H 形ジャイロ等、従来の圧電ジャイロでは、駆動モードの変位が存在する位置に、検出電極を配置することがほとんどであり、また、不要な機械的結合の原因となる両モードの変位を完全に直交させるのも難しかった。また、振動子の支持において、両モードに影響を与えない位置での支持が難しかった。

【0012】一般には、不要な結合による漏れ出力が発生して、感度や安定度を劣化させている。これらの直交する振動モードの漏れ出力を低減するためには、電極の動作トリミングやアーム部コーナのトリミングが必要だった。また、音さ形振動子では、ベース部をある長さ以上にすれば、ベース端部において、面内振動がほとんど存在せずに、面垂直振動のみが存在する。このことを利用して、端部を支持した支持基板の一部の調整によって、面垂直振動の共振周波数や  $Q$  値を調整する手法は知られていた。

【0013】本発明の目的は、不要な電気-機械結合が小さく、不要な機械的結合も小さく、支持による影響も少なく、感度も高く、作りやすい構成の圧電ジャイロを提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、図 9 に示されるように、上記課題を解決するために、音さ形振動子のベース部を十分に長くして、面内振動がほとんど存在しない部分を形成して、さらに、そのベースの端部にスリ

ットを入れて、面垂直振動のみが対称に振動し易くしたものである。

【0015】以下に本発明の作用を説明する。図 10 に、ベース部を長くして、その部分にスリットを入れた本提案のジャイロ構成について、面内振動モードと面垂直振動モードの振動解析結果を示す。スリットを入れると、面内振動に関しては従来の音さ形と全く同じと言える。一方、面垂直振動は、上下左右が対称に振動することになり、 $X$  成分は低減する。また、中央のスリットの存在しない部分およびスリット部でも大きなすべり応力が観測され、検出電極 14~17 を配置すればコリオリ力が検出できる。

【0016】本発明の構成によれば、駆動電極 10~13 は、駆動する面内振動モードと、コリオリ力により発生する面垂直振動モードの両者が存在するアーム部に設置するが、検出電極は、面垂直モードのみが存在する場所 (図 10 の  $LY = 0 \sim 12$  mm の部分) に設置できるので、検出電極と駆動モードとの不要な電気-機械結合は存在しないことになる。

【0017】なお、応力の分布から、電極の分離が必要であるが、応力の極性に合わせて同電位とする構成にすればよい。更に、面内振動を駆動する側の電極 10~13 についても面垂直振動の応力の総和がゼロ (図 10 の  $LY = 13.5 \sim 15.5$  mm の部分) となる部分に設置すれば、駆動電極 14~17 と面垂直振動成分との不要な電気-機械結合も存在しないことになる。

【0018】また、図 10 の  $LY = 7.3$  及び  $8.7$  付近では面内振動と面垂直振動の応力がゼロとなるので、この部分を支持する事も可能となる。(特に、 $LY = 8.7$  付近では両モードの変位もゼロとなるので支持に最適である。)

一方、スリットが無い場合には、面内振動および面垂直振動に対して応力および変位が共にゼロとなる理想支持の  $LY$  の条件は存在しない。また、面内振動の応力がゼロとなる駆動電極部分での面垂直振動の応力の総和も小さく、駆動効率も劣る。

【0019】本発明の構成では、さらに、検出モードの上下、左右の対称性が良いので、面垂直振動の変位は面に垂直な成分がほとんどで、漏れ出力の原因となる面内振動との機械的な結合も減少する。また、駆動電極と、検出電極を分離して配置し、対称な左右の振動を差動的に駆動したり、検出することができ。その結果、感度が向上するだけでなく、外部振動などの不要な振動へ応答しにくくなる。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明の実施例を以下に示す。図 11 は  $1$  mm $\square$  の矩形断面のアームを有し、全長  $21$  mm、アーム長およびスリット深さが  $7$  mm、アーム間ギャップおよびスリット幅が  $0.3$  mm の  $130^\circ$  Y タンタル酸リチウム圧電ジャイロについての電極構成例を示

す。図11(a), (b)は面垂直振動検出用電極14～17の構成例を示すものであり、面内振動の応力がゼロとなる部分 $L_Y = 0 \sim 7.2 \text{ mm}$ および $8.7 \sim 12 \text{ mm}$ に設置した例である。 $L_Y = 7.2 \sim 8.7 \text{ mm}$ においても、面内振動の応力がゼロとなる同様効果が得られるが、前者に比べ、応力の極性が反対で、応力の総和が小さく、(a), (b)の場合に比べ、効率は劣る。図11(c)は電極を(a), (b)の両位置に形成させ、検出効率を上げた例である。これらの検出電極14～17は図13に示すように接続され、面垂直振動を検出する。なお、面垂直振動検出電極の場合、図13(a)のように、素子の側面にも電極を形成する必要がある。

【0021】図11(d)は面内振動駆動用電極22～25の構成例を示すもので、面垂直振動の応力の総和がゼロとなる部分 $L_Y = 13.5 \sim 15.7 \text{ mm}$ に設置した例である。これらの電極22～25は、図13(b)に示すように接続され、面内振動を駆動する。図11(e)は、面内振動駆動用電極14～17及び面垂直振動検出電極22～25を具備した最終的なジャイロ素子の電極構成である。

【0022】駆動電極および検出電極の間に静電的結合が問題となる場合には、図11(f)に示す通り、両電極間にシールド電極26を設ける事も可能であり、面内振動および面垂直振動の応力の総和がゼロとなる部分 $L_Y = 7.3 \sim 10 \text{ mm}$ の範囲に設置した例を示した。このシールド電極26, 33は図12(c)に示されるように通常接地させて使用する。

【0023】また、これらのジャイロは、図13(a)のように検出電極14～17を分離して配置し、対称な左右の振動を差動的に検出することにより感度が向上し、外部振動などの不要な振動をキャンセルさせることができる。図13(b)は、面内振動を駆動するための電極接続配線を示し、図13(c)は、面垂直振動を検出するための電極接続配線を示す。

【0024】支持の方法を図14に示した。ベース中央には面内振動の変位は存在せず、面垂直振動は図14

(a)に示すように、中心に対して対称な4点35～38で支持すれば、支持に加わる並進力もモーメントも総和はゼロとなる。図14(b)の535～39点支持の場合も同様である。図14(c)は、面垂直振動と面内振動の応力がゼロとなる点(40( $L_Y = 7.2$ ))41( $L_Y = 8.7$ ))を支持するケースである。これらの支持方法は、支持の影響を最小限に抑えることができる。

【0025】また、図15に示すように、接続にハンダを使い、振動子側も基板46側にパターンニング42～45を行えば、両者の位置関係はセルフアラインメント効果によって位置合わせも正確に行うことができる。な

お、電気的な接続も同時に行える。さらに、支持を強固にするためには、基板46, 53と表裏対称に接続するのが有効である。

#### 【0026】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、検出側電極には、面内振動成分が現れず、面垂直振動成分のみを検出でき、また、駆動電極は面垂直振動の励振が無く、面内振動のみを駆動させる事が可能な為、漏れ出力が低減し、高感度で分解能の高い角速度センサーの提供が可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】単結晶音さ形ジャイロの構成

【図2】各種漏れ結合の信号フロー

【図3】音さ形振動子の面内振動解析結果

(a)変位、(b)すべり応力、(c)発生電荷

【図4】音さ形振動子の面垂直振動解析結果

(a)変位、(b)すべり応力、(c)発生電荷

【図5】面内振動と面垂直振動のインピーダンス特性および伝達特性

【図6】結晶切断方位に対する、漏れ振動の変位

【図7】音さアーム間ギャップに対する、漏れ振動の変位

【図8】H形振動ジャイロの振動モード

【図9】本提案による圧電ジャイロの構成例

【図10】本提案による圧電ジャイロの検出側面垂直振動モードおよび駆動側面内振動モードの変位、応力、発生電荷

【図11】本提案による面内振動駆動用および面垂直振動検出用電極の配置例

【図12】面内振動駆動用および面垂直振動検出用電極の接続例

【図13】差動形ジャイロ構成

【図14】支持ポイント

【図15】実装例

#### 【符号の説明】

1 圧電単結晶

2、3、4、5、10、11、12、13、22、23、24、25、29、30、31、32 ……

面内振動( $f_x$ モード)を駆動する電極

6、7、8、9、14、15、16、17、18、19、20、21、27、28 ……

面垂直振動( $f_z$ モード)を検出する電極

26、33、…… シールド電極

34 …… 差動アンプ

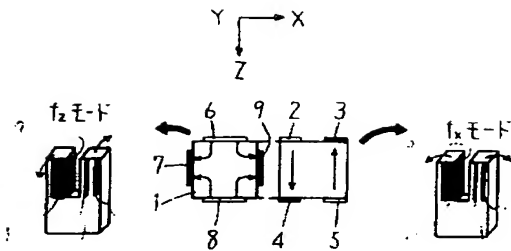
35～45 …… 支持点

42、43、44、45 …… 半田付けパット

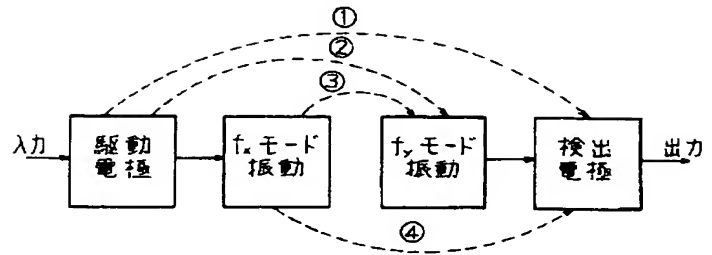
46、53 …… 実装基板

47、48、49、50、51、52 …… 半田

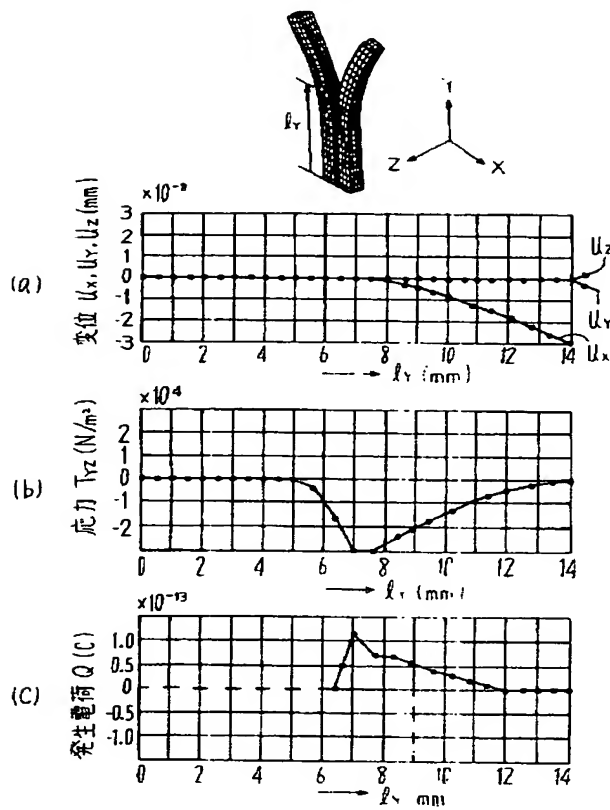
【図1】



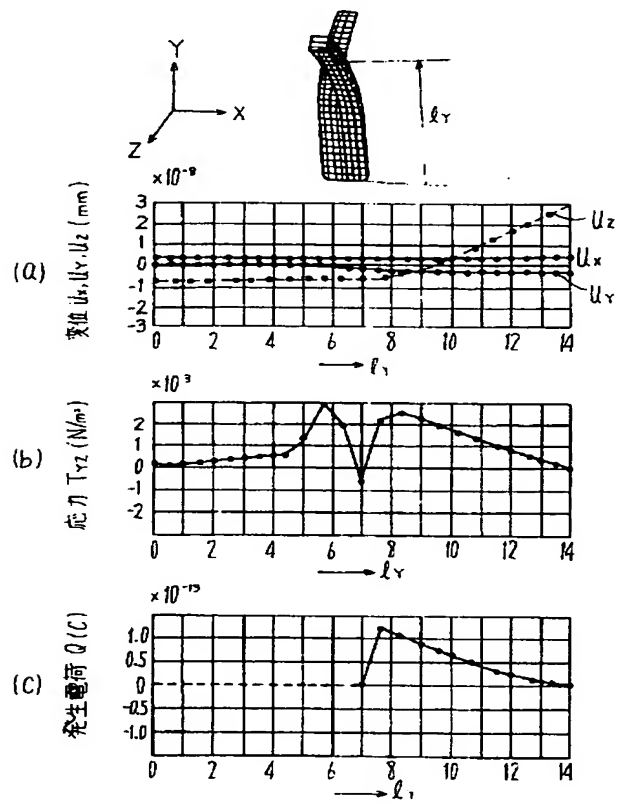
【図2】



【図3】

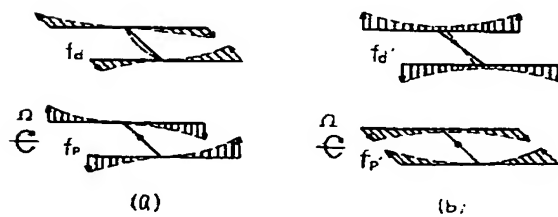


【図4】

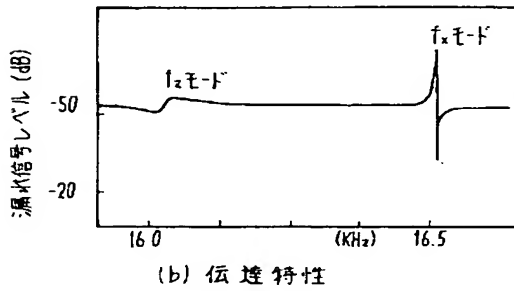
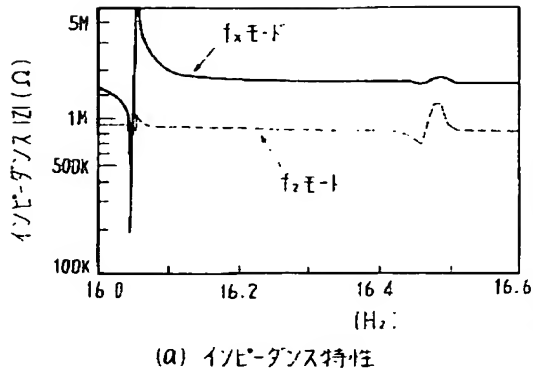


【図8】

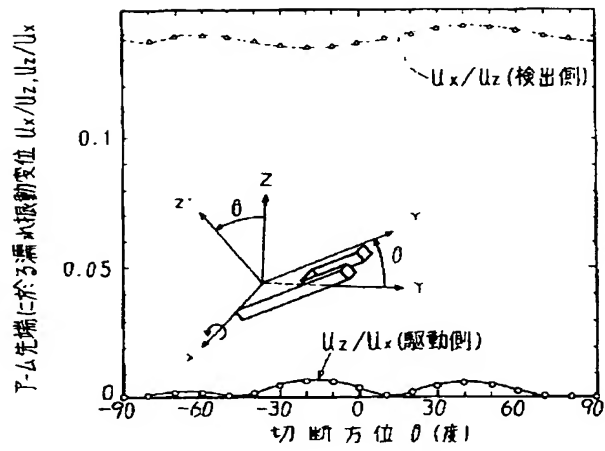
H形振動ジャイロ



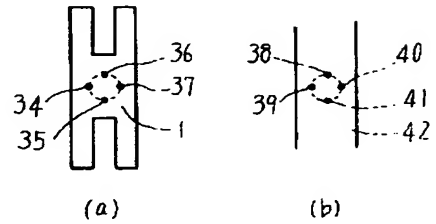
【図5】



【図6】

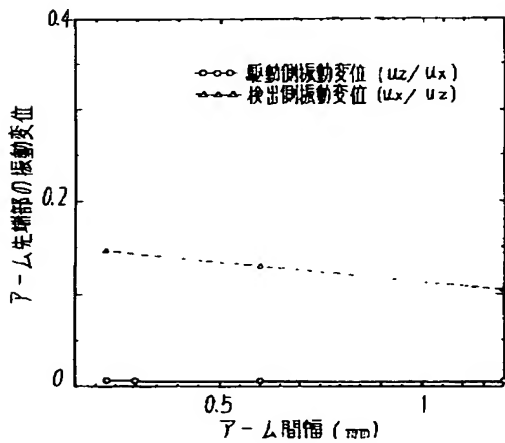


【図15】

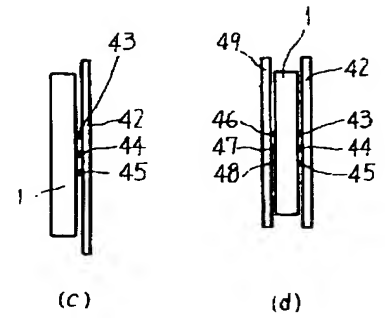
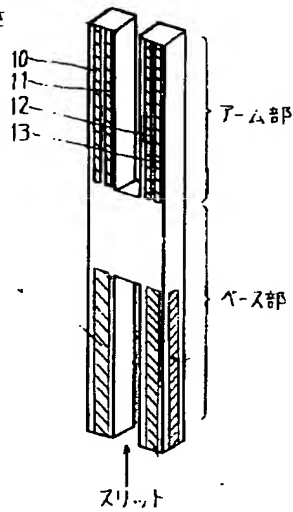


【図7】

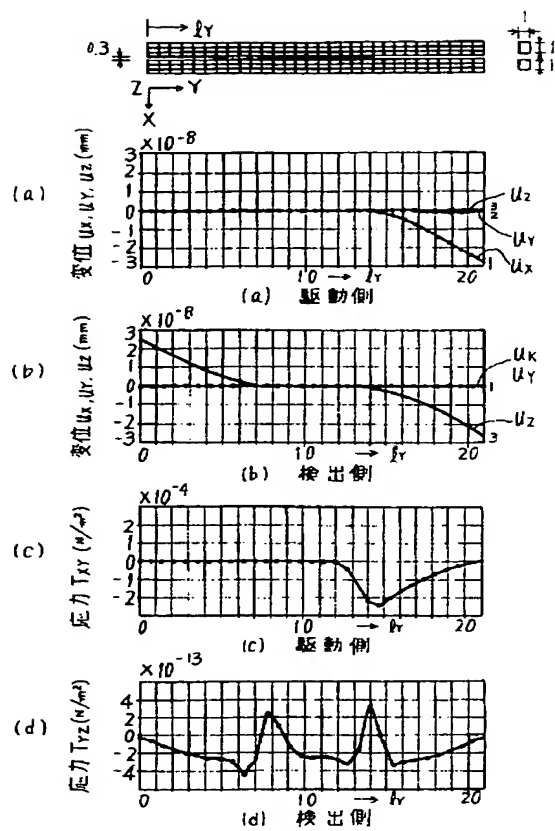
アーム間幅と機械的漏れ要因となる振動変位の大きさ



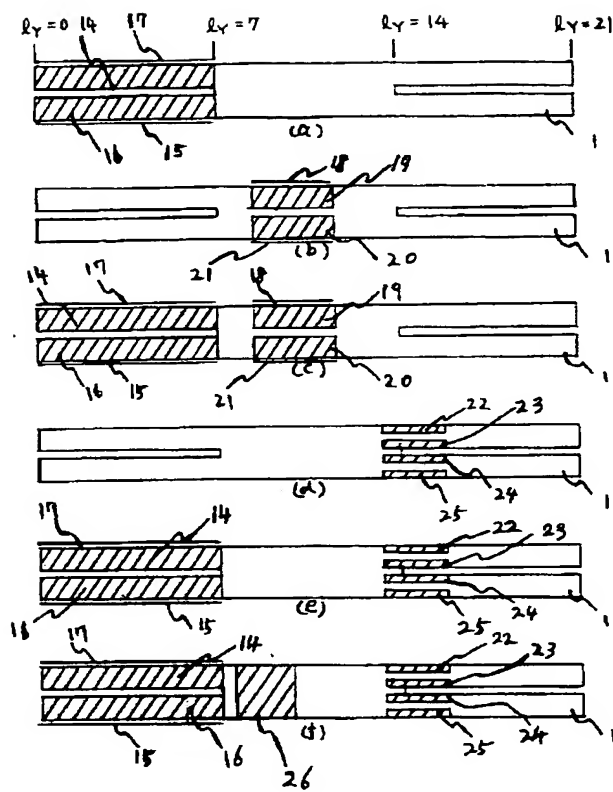
【図9】



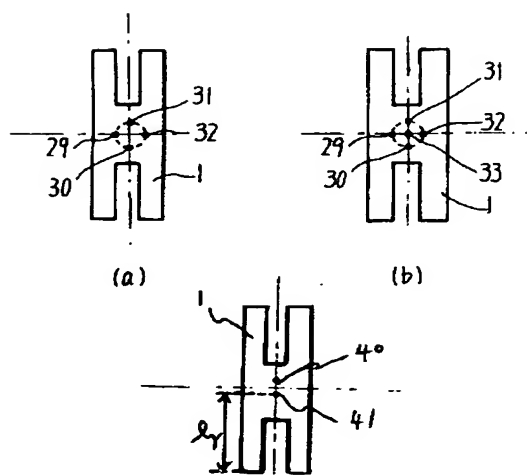
【図 10】



【図 11】

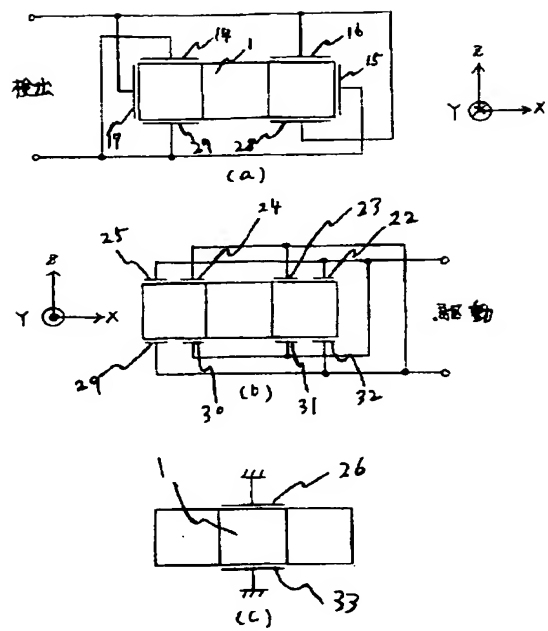


【図 14】





【図12】



【図13】

